

Aleksandar Jovanović
(Matematički fakultet, Beograd)

DIGITALIZACIJA U BIOMEDICINI

Značajni aspekt digitalizacije u biomedicini sadržan je u zadacima vezanim za digitalizaciju slika i signala, što predstavlja polaznu osnovu za primenu svih savremenih metoda i tehnologija. Grupa za Inteligentne Sisteme – GIS Matematičkog fakulteta u Beogradu www.gisss.com razvila je niz prototipova sistema i implementirala veći broj kvalitetnih algoritama, pre svega u potrebe mikroskopskog imidžinga, kao i u raznovrsne sisteme za potrebe elektrofiziologije.

Ključne reči: digital microscopy, cyto genetics, EEG, arterial pressure, EKG, electrophysiology

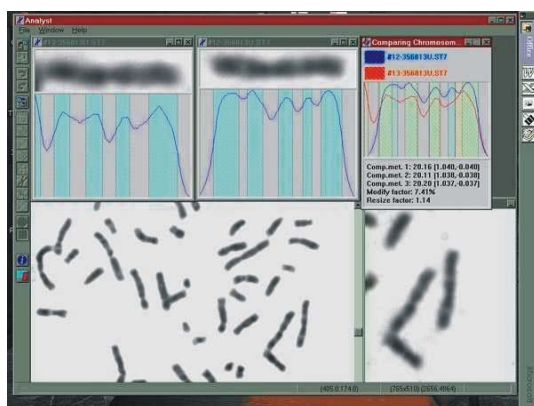
U medicinskoj praksi, koja uključuje i biomedicinska istraživanja, prisutne su uglavnom dve vrste potreba arhiviranja: (i) tekstuelnih informacija – dokumenata, (ii) rezultata analiza/merenja. Prvima su bliži uobičajeni uputi, izveštaji, nalazi, protokoli, što se uklapa u redovne oblike administrativne dokumentacije i protoka informacija. Već dosta dugo se ovaj upravno administrativni segment sistema zdravstva i zdravstvenih ustanova automatizuje, čime je uspostavljena digitalizacija svih dokumenata obuhvaćenih predmetnim informacionim sistemima, pa su time obezbeđene i mogućnosti digitalnog arhiviranja sadržaja ovih dokumenata u dovoljno struktuiranoj formi za potrebe naknadnih automatizovanih pretraživanja ovih sadržaja na kvalitetan način. Valja pomenuti da je ovde prisutno dosta teškoća u realizaciji standardnih obaveznih ciljeva, pre svega zbog nepostojanja jedinstvenog standarda za sve komponente sistema zdravstva, kao i zbog potpunog odsustva bilo kakve automatizacije u delu zdravstvenih ustanova. Odsustvo potrebe bilo kakvog povezivanja standarda koje je naša medicinska informatika do sada gradila sa međunarodnim, čini domaći delimičan sistem odvojenim i od evropskih i svetskih tokova. Prilaskom EU rešavaće se i ovi problemi.

Ne potpuno odvojen zadatak od ovog konteksta jesu i poslovi i zadaci arhiviranja medicinskih analiza i merenja. Klasični tekstuelni, papirnati i fotografski zapisi – izlazi iz mnoštva medicinskih aparata/uređaja i analize dobijene uz pomoć dijagnostičke tehnike često su potrebni ne samo u trenutku već i naknadno, zbog čega je korisno imati ih arhivirane u brzo dostupnoj formi, što sada znači digitalizovane. U prelaznom periodu pojavljuje se i zadatak digitalizacije sa stuktuiranim arhiviranjem sadržaja postojećih arhiva. Tu svakako spadaju, arhive mikroskopskih preparata i analiza, zatim nalaza raspoloživih u analognoj foto formi, npr Rentgen, ultrazvučni dijagnostički sistemi, kao i analogni zapisi na drugim medijima, papirnatim, magnetskim, npr EEG snimci, EKG, holteri, linije u eksperimentalnim laboratorijama. Neki od ovih zahteva imaju dugotrajniji značaj, a neka od rešenja i širi značaj. Tako npr. problem digitalizacije EEG signala sa papirnatih zapisa, koji je na Matematičkom fakultetu radjen ranijih godina, a svodi se na digitalizaciju skeniranih EEG zapisa,

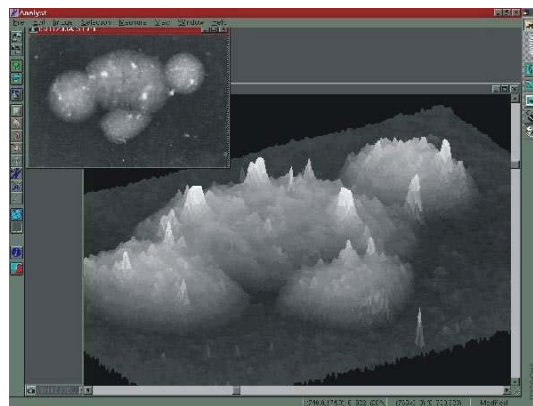
rešavan je prepoznavanjem oblika – analognih zapisa pojedinačnih kanala i konvertovanjem u digitalni zapis funkcija, u rezoluciji koju dopušta prthodno skeniranje, što onda određuje frekvenciju smplovanja polaznih signala. Ovaj problem smo rešavali istovremeno kad i problem digitalizacije notnih sadržaja i njihove konverzije u struktuirane zapise sa potpunom informacijom. Oba zadatka imaju visok stepen sličnosti, istu tehnologiju obrade ulaznog materijala, slične postupke u prepoznavanju objekata i izdvajanju šuma.



Sl. 1 CCD-mikroskop. U mikroskopu digitalizovana slika preparata se unosi u računar, gde se odmah i detaljno analizira – na monitoru hromozomi izdvojeni u ćelijskoj deobi.



Sl. 2. Par hromozoma s uočenom greškom



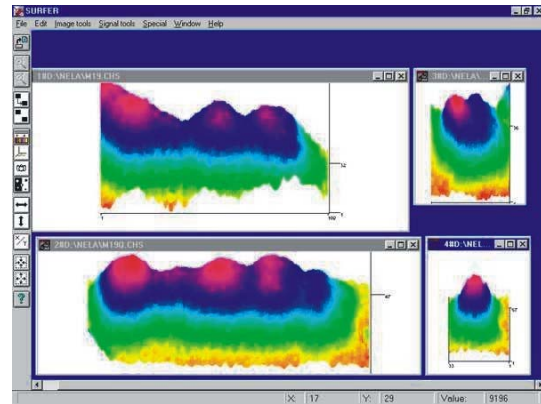
Sl. 3. grupa ćelijskih jedara s uočenim problemom – trizomija – identifikacija uz pomoć 3D fotomorfologije

Napomenimo da veliki broj najnovijih uređaja i sistema u zdravstvu često nema autonomne memorijske i analitičke mogućnosti, dok je najveći broj najskupljih sistema delom ili potpuno zatvoren za spoljnu komunikaciju i procesiranje, što predstavlja čest oblik zaštite proizvođača, koji je opasno štetan za korisnike i istovremeno onemogućava rešavanje svih zahteva za digitalizaciju. Npr. svi

ultrazvučno dijagnostički aparati/sistemi, iako kompjuterizovani i time potpuno digitalizovani, najčešće daju izlaz samo na termo papiru. Svaka naknadna kompjuterizovana analiza njihovih nalaza je izuzetno otežana ili onemogućena.

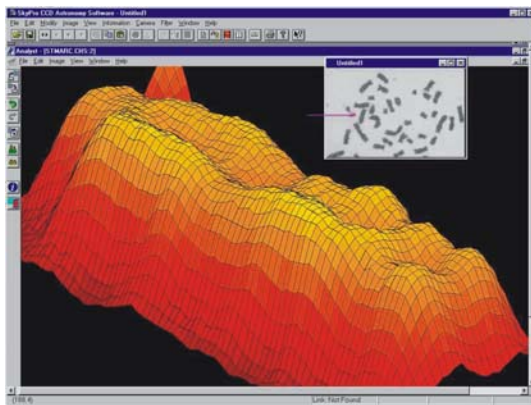


Sl. 4. citološki preparat sa hromozomskim promenama

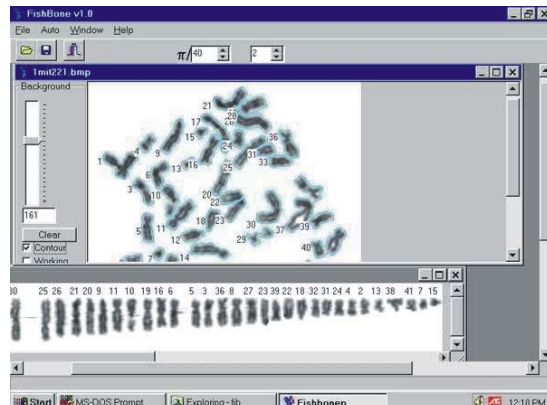


Sl. 5. Fotomorfologijom identifikovani parovi sa Sl. 4 s prisutnim prenosom genetskog materijala –drugi red

Na priloženom vizuelnom materijalu prikazuju se neki rezultati Grupe za inteligentne sisteme Matematičkog fakulteta u ovoj oblasti. Tu imamo digitalizovan mikroskop sa softverom za raznovrsne analize. Prikazani su programi koji se koriste u dijagnostici i istraživanju, u genetici, citopatologiji, onkologiji, hematologiji i laboratorijama za molekularnu genetiku u domaćim institutima, klinikama i na fakultetima.



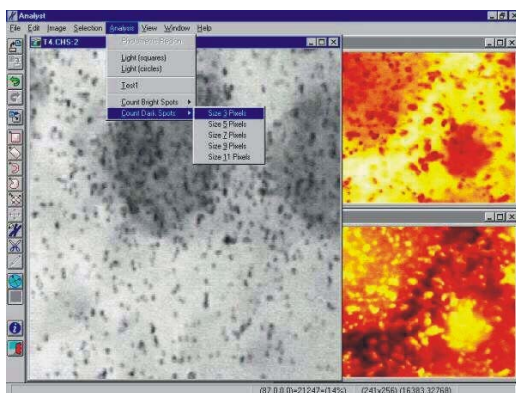
Sl. 6. 3D fotomorfologija označenog genetski pogresnog hromozoma se koristi za utvrđivanje njegovog genetskog porekla



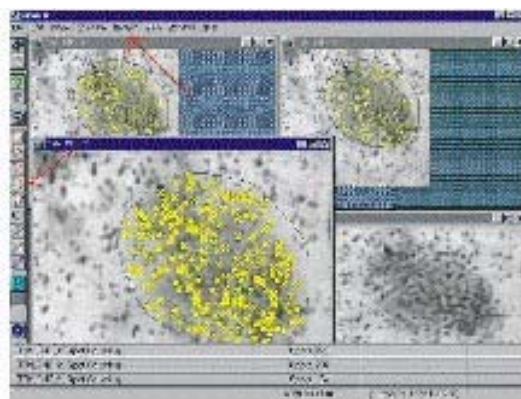
Sl. 7. Automatizovana kariotipizacija

Rezultati u akviziciji, obradi i analizi signala Grupe za inteligentne sisteme Matematičkog fakulteta u Beogradu, obuhvataju niz raznovrsnih aplikacija, od eksperimentalnih do kliničkih. Pored toga, razrešen je i veći broj problema razvojnog

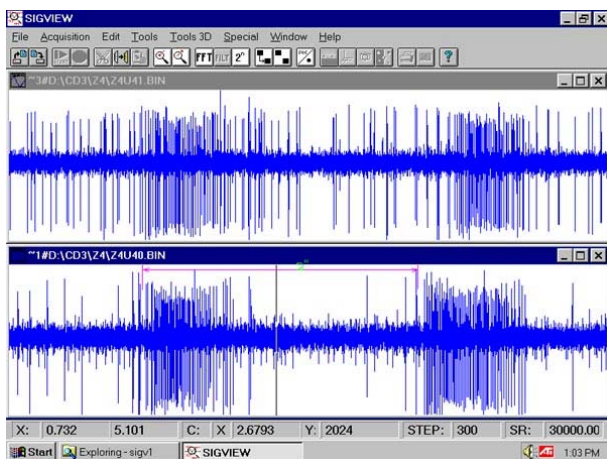
tipa u obliku akademskih eksperimenata, što naknadno olakšava probleme rešivosti većeg broja zadataka. Prikazana rešenja, pored tehničkih aspekata, sadrže i kvalitetne matematičke modele, sa složenom numerikom i vizuelizacijama.



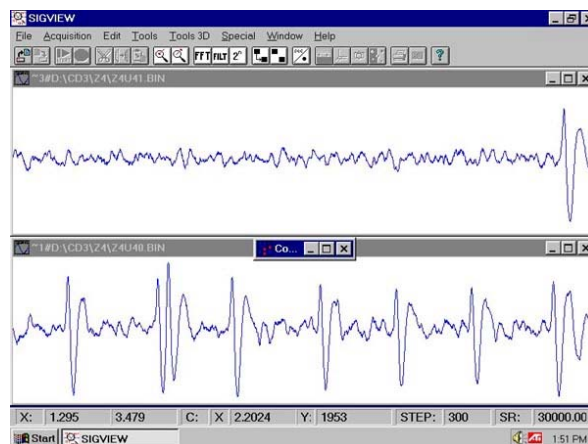
Sl. 9. RNK molekuli u jedru neurona označeni molekularnim tehnikama



Sl. 10. Izdvajanje i kvantifikacija RNK sa Sl. 9 u granulacijama koje kontroliše korisnik

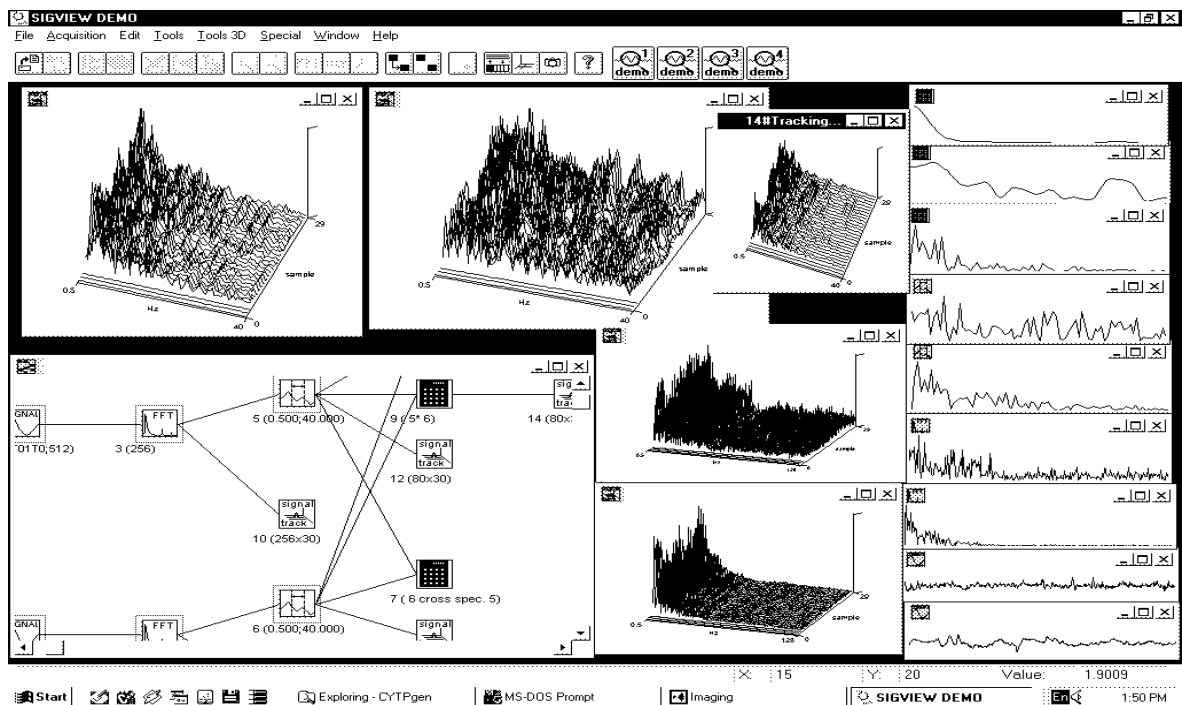


Sl. 11. Signali individualnih neurona bliže centru malog mozga pacova, pre i posle dejstva preparata

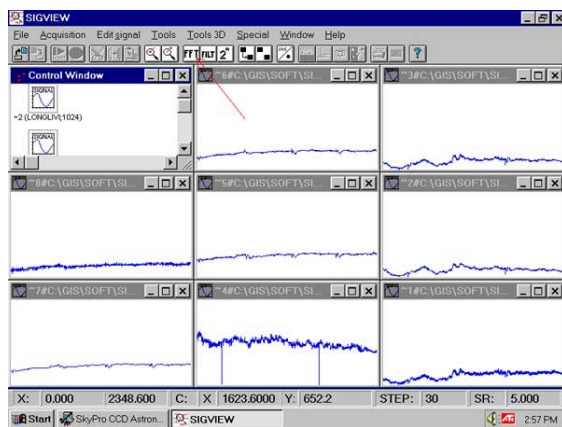


Sl. 12. detalji 30KHz semplovanih signala sa Sl. 11 - vide se fini detalji promena u delovima mili sekunde

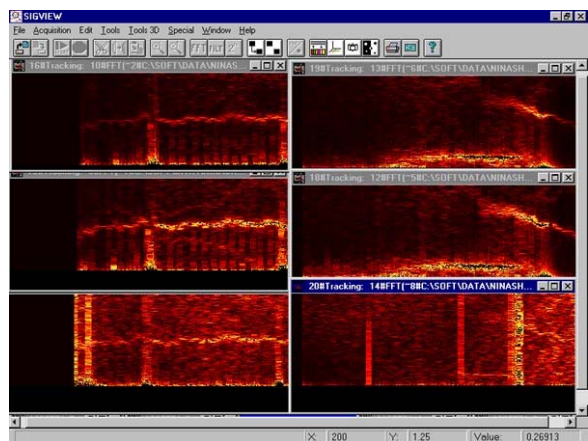
Tehnika kolor kompozita, ovde ilustrovana na Sl. 19. upotrebom u UV mikroskopiji za detekciju genskih signala i njihovo pozicioniranje u ćelijskom jedru ili na hromozomima, ima širu primenljivost. U medicini, pored mikroskopije, dodatne značajne mogućnosti su u fuzionisanju snimaka raznorodnog porekla, npr. fuziji Rentgen, termo, ultrazvučnih, NMR, PET ulaza, gde korisnik kontroliše težinske faktore u realnom vremenu i može da, nakon efikasnog centriranja i zumiranja za veoma kratko vreme napravi kompleksnu galeriju kolor kompozita koji obezbeđuju potpuni uvid u ispitivani sadržaj.



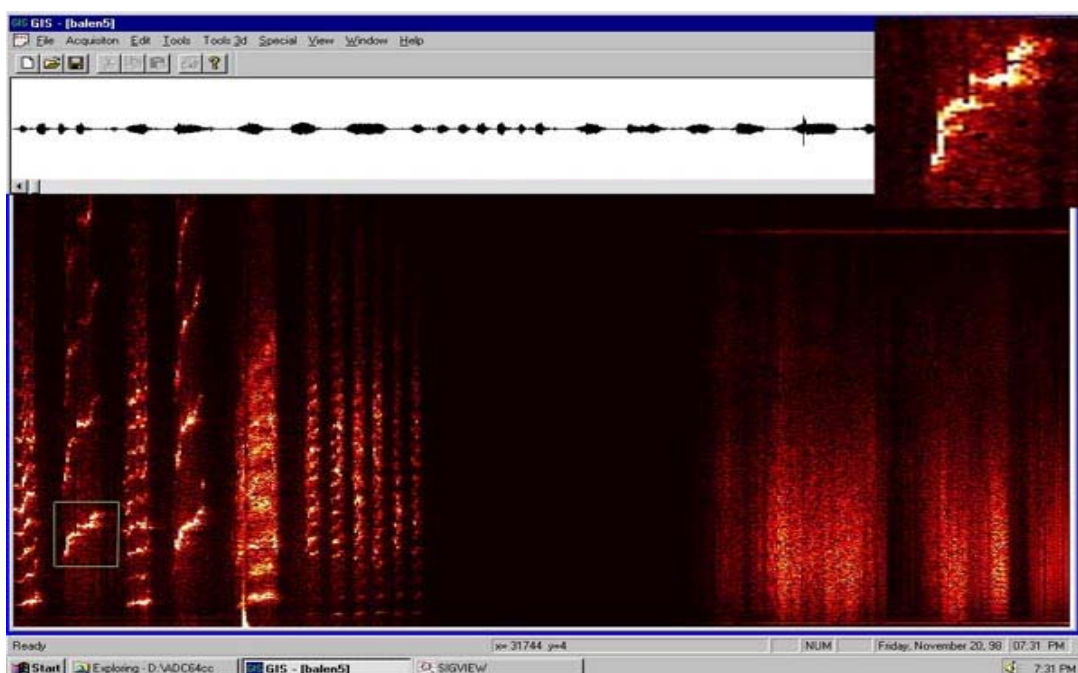
Sl. 13. sistem za analizu moždanih signala pacova, sa karakteristikama signala koje se daju uočiti brzom 3D Furijeovom analizom: pre i posle lezije- dva gornja prozora



Sl. 14. signali arterijskog pritiska i EKG dva subjekta



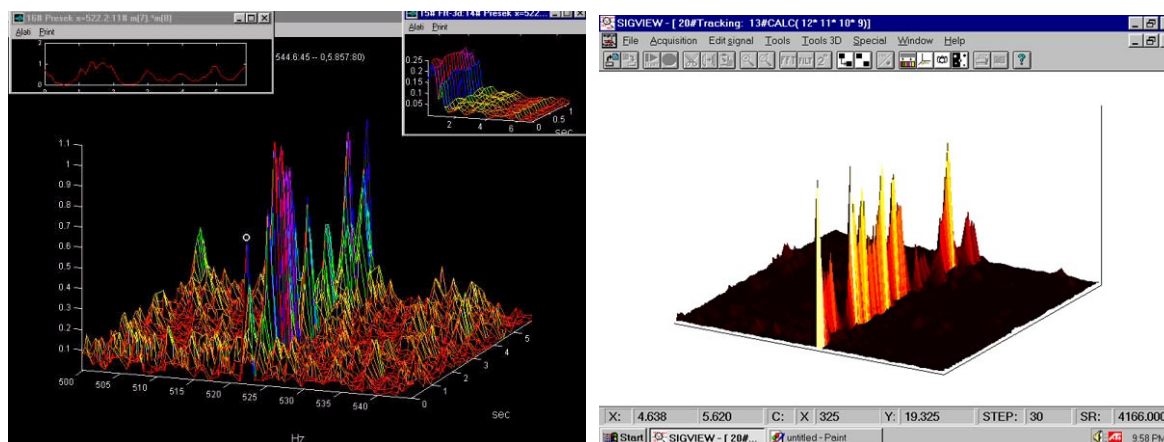
Sl. 15. delovanje ubrizganog hormona vazopresina – leva kolona, subjekt sa Sl.14. koji preživljava nedostatak krvi, dok desni ne preživljava. Eksperiment od 2 sata na pacovima, demonstrira mogućnost upotrebe Furijeove spektroskopije u predikciji letalnih kriza



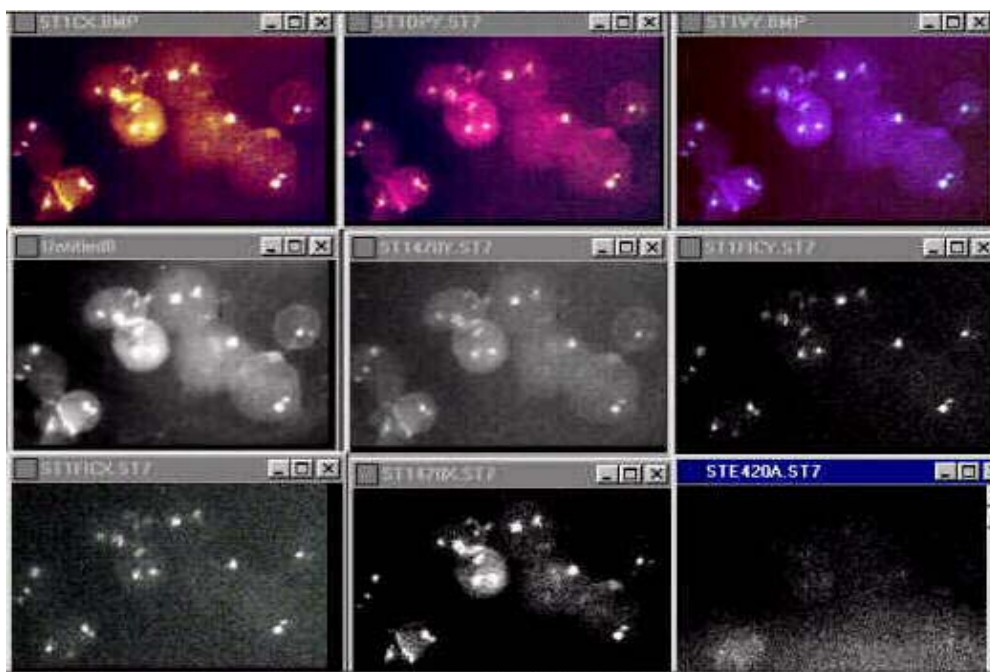
Sl. 16. Fonogram pesme kitova sa 3-D Furijeovim spektrogramom koji omogućuje detaljnu analizu melodije i prisutnih alikvota. U uglu gore izdvojena kratka sekvenca prikazuje i graničnu frekventnu rezoluciju.



Sl. 17. Sistem za akviziciju i analizu humanog EEG. Prikazani signali, spektri, delovi spektara i spektralni kompoziti.



Sl. 18. 3 -D spektar kompozit signala sa Sl. 17. levo i desno spektralna linija na 523Hz, u gornjim uglovima spektri višeg reda.



Sl. 19. Kolor kompoziti: slike-signali raznorodnog porekla se fuzionišu u kolor kompozite u kojima se mogu bolje uočiti složenija svojstva. U donjem redu mikroskopski snimci u užim svetlosnim džepovima, pod UV osvetljenjem preparata; srednji red – obrade ulaznih snimaka; gornji red kolor kompoziti sa boljim odvajanjem kontura jedara i signala gena.

Tehnika kolor kompozita, ovde ilustrovana na Sl. 19. upotrebom u UV mikroskopiji za detekciju genskih signala i njihovo pozicioniranje u ćelijskom jedru ili na hromozomima, ima širu primenljivost. U medicini, pored mikroskopije, dodatne

značajne mogućnosti su u fuzionisanju snimaka raznorodnog porekla, npr. fuziji Rentgen, termo, ultrazvučnih, NMR, PET ulaza, gde korisnik kontroliše težinske faktore u realnom vremenu i može da, nakon efikasnog centriranja i zumiranja za veoma kratko vreme napravi kompleksnu galeriju kolor kompozita koji obezbeđuju potpuni uvid u ispitivani sadržaj.

Tehnologija digitalizacije prisutna u savremenim medicinskim uređajima je prilično raznovrsna u tehničkom smislu. Tako npr. u domaćoj medicinskoj praksi, imamo prisutne digitalizacije signala koristeći AD konvertore od 4 do 24bita, raznovrsnost u reprezentaciji signala u pojedinim uređajima i time otežano šire korišćenje/transmisiju digitalizovanog materijala. Jedan deo ovih teškoća rešavaće se u novijim uređajima /sistemima, jedan deo će preostati nama.

Bibliografija

- [1] A.. Jovanović, *Biomedical image and signal processing*, GIS001, 1997 (CD)
- [2] A.. Jovanović, *New technology in biomedical research and diagnostics*, GIS004, 2002 (CD)
- [3] A.. Jovanović, *Group for Intelligent Systems - Problems and Results*, Intelektualne sistemy, Lomonossov Un and RUN, 6, 2002;
- [4] www.gisss.com

aljosh@infosky.net

DIGITALIZATION IN BIMEDICINE

Significant aspects of digitalization in biomedicine are related to image and signal digitalization, thus representing a basis for application of modern methods and technologies. Group for Intelligent Systems – GIS at the School of Mathematics, Un. of Belgrade, www.gisss.com has developed a number of system prototypes and has materialized a number of quality algorithms, mainly for the needs of microscopic imaging and diverse systems for electrophysiology.

Key words: microscopic imaging, cytogenetics, EEG, ECG, arterial pressure, electrophysiology